

# Einfluss der Lagerungsbedingungen auf das Gasbildungsverhalten von flüssigen Gärrestanteilen zur landwirtschaftlichen Nutzung

Gehrke, T.<sup>1</sup>; Möller, J.<sup>1</sup>; Denecke, M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universität Duisburg-Essen, Fachbereich für Siedlungswasser- und Abfallwirtschaft, Universitätsstr. 15, 45141 Essen

## Abstract

The production of biogas from waste materials with high content of organic matter is a common technique, both for inerting and for energy production. The residues of the anaerobic digestion process contains low concentrations of organic substances, but high concentrations of salts, in particular, phosphor and nitrogen compounds. This makes the residual material an ideal substrate for agricultural use. In Germany, distribution is limited to certain periods of the year, while biogas production in contrast is a continuous process. To avoid restrictions, the material can be stored until use. The conditions of this storage are not sufficiently specified at present. This report focuses on the investigations of gas quality and quantity, and

the impact of an aerobic and anaerobic driven system on gas production. The included data, shows favourable results for the anaerobic operation mode. Results show that the gas concentrations increase, as expected and that methane was measured with peak concentrations of 60%. Cumulative production rates of the material were low under anaerobic conditions within a period of 125 days. Production reached 11.9 litres per cubic meter of substrate in total. The use of an aerobic gas phase above the liquid material helped to suppress the concentration of methane, whilst the concentration of hydrogen sulphide was only affected slightly. Due to the harmful characteristics of hydrogen sulphide, aerobic storage was found to require substantial work in the cleaning of exhaust gases.

## Kurzdarstellung

Mit Einführung der Deponieverordnung 2005 endete die Deponierung nicht-inerter Stoffe und biologisch aktiver Spezies. Im Zuge ihrer Durchsetzung traten neue Behandlungsmöglichkeiten dieser Stoffströme in das Zentrum der Betrachtung. Zu diesen Behandlungsmethoden zählt die anaerobe biologische Behandlung. Sie findet vor allem bei stark organisch geprägten Stoffströmen mit hohem Wassergehalt Anwendung (Kaltschmitt et al. 2009). Im Zuge der anaeroben Behandlung werden organische Kohlenstoffverbindungen hauptsächlich in  $\text{CO}_2$  und  $\text{CH}_4$  umgesetzt. Die anaerobe Behandlung reduziert so den organischen Anteil und das Volumen des Gärsubstrates. Im Gegenzug steigt der Wasseranteil des Gärsubstrates durch die Freisetzung von Zellwasser an. Verbindungen aus Phosphor und Stickstoff verbleiben im Gärsubstrat und machen es damit zu einem geeigneten Düngemittel für die Landwirtschaft (Möller et al. 2009). Das Material unterliegt der Düngemittelverordnung, durch welche sowohl die Ausbringung als auch die Ansprüche an dessen Beschaffenheit geregelt werden. Um den anfallenden Gärrest für die Landwirtschaft nutzen zu können, muss daher eine Möglichkeit zur mittelfristigen Lagerung geschaffen werden (Raussen et al. 2008). Über das Verhalten im Zeitraum dieser Lagerung gibt es bisher nur wenige Untersuchungen. Grund hierfür ist vor allem die hohe Diversität des Presswassers. Dessen Eigenschaften werden durch die Betriebsparameter der Biogasanlage bestimmt und unterscheiden sich so deutlich von Anlage zu Anlage.

Die hier dargestellten Arbeiten sind Teil eines Forschungsvorhabens zur Untersuchung des Lagerungsverhaltens von Presswasser aus der Vergärungs- und Kompostierungsanlage Leppe. Diese verfügt über zwei Lagerungsbehälter mit einem Fassungsvermögen von je  $3.500 \text{ m}^3$ . Bereits im Zuge der Planung wurde ein anaerober und aerober Betrieb vorgesehen. Neben den drei Rührwerken, mit denen die Durchmischung des Presswassers gewährleistet wird, sind zwei Injektionsbelüfter

installiert.

Ziel der Untersuchungen war es, eine Datengrundlage zu schaffen, aufgrund derer über die Betriebsweise der Presswasserspeicher entschieden werden kann.

## 1 Material und Methoden

### *Presswasser*

Gegenstand der Untersuchungen war der als „Presswasser“ bezeichnete flüssige Anteil des Gärrestes aus der Biogasanlage. Der Gärrest durchläuft nach der anaeroben Behandlung eine Schneckenfilterpresse. Das abgetrennte Filtrat besitzt einen Trockensubstanzgehalt von 12 bis 14 %. Es durchläuft eine Hygienisierungsanlage und wird im Anschluss in den Presswasserbehältern eingelagert. Die Zusammensetzung des Presswassers ändert sich mit jeder Charge des zugeführten Gärsubstrates. Das für die Versuche genutzte Presswasser hatte bei Einbau einen pH-Wert von 8,5 und einen chemischen Sauerstoffbedarf von  $22 \text{ g/l}$ . Der Trockensubstanzgehalt lag bei 12,8 % und der organische Anteil der Trockensubstanz betrug 72 %.

### *Versuchsanlage im halbtechnischen Maßstab*

Um das Gasbildungsverhalten des eingelagerten Presswassers zu untersuchen, wurden im Technikum des Fachbereiches für Siedlungswasser- und Abfallwirtschaft der Universität Duisburg-Essen drei Versuchsbehälter im halbtechnischen Maßstab betrieben.

Die Behälter bestehen aus Kunststoff und fassen je 570 Liter Presswasser. Jeder Behälter wurde mit einem Rührwerk sowie mit einer Gasfassung ausgestattet. Das Gasfassungssystem leitet über Magnetventile den Gasstrom jedes Behälters durch eine Reihe von Gassensoren. Um den Gasverlust während der Messung zu reduzieren, wurde das Gas nach der Messung in den Behälter zurückgeleitet. Die verwendeten Sensoren erfassen Methan, Sauerstoff, Kohlendioxid, Wasserstoff, Lachgas und Schwefelwasserstoff.

Abbildung 1 zeigt die Anordnung der Behälter und den Aufbau des Gaserfassungssystems.

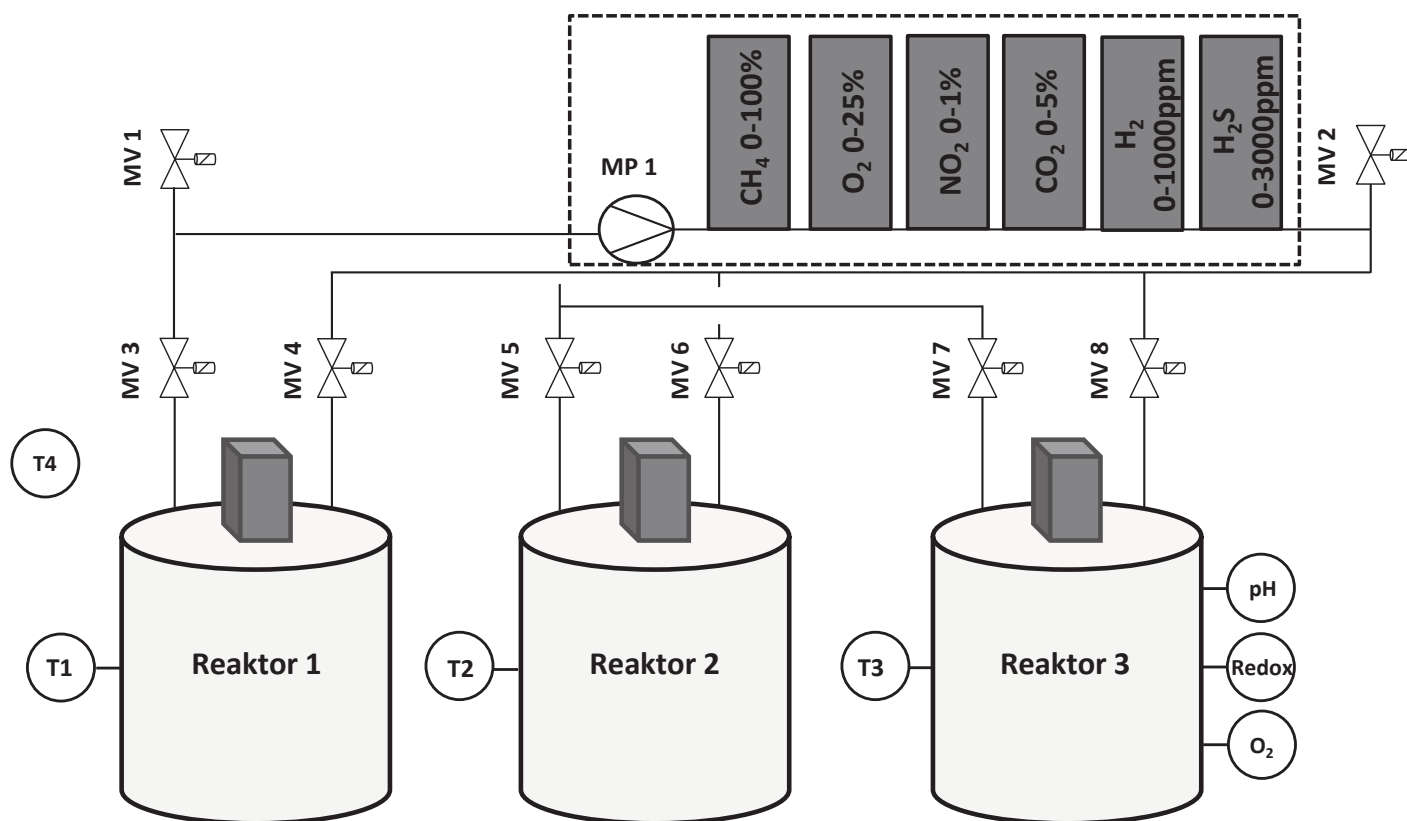


Abbildung 1: Aufbau der Versuchsanlage im halbtechnischen Maßstab.

Durch die Rückführung des entnommenen Gases konnte die Gasbildungsrate der einzelnen Behälter bestimmt werden. Um die kleinen Gasströme erfassen zu können, wurde ein Volumenstrommessgerät für Gasströme zwischen 0 und 30 ml/min genutzt.

Um die Einflüsse der Lagerungsbedingungen zu untersuchen, wurden die Behälter 1 und 2 während des gesamten Versuchszeitraums als anaerobes System betrieben. Der erste Behälter wurde über das Rührwerk ständig durchmischt, während der zweite Behälter nur einmal pro Tag für 20 Minuten durchmischt wurde.

Um den Einfluss der Belüftung abzubilden, wurde der dritte Behälter als offenes System betrieben und über den eingebauten Belüftungsteller belüftet.

## 2 Ergebnisse

Während die Real-Anlage nicht über die Möglich-

keiten einer quantitativen und qualitativen Gaserafassung verfügt, sollten diese Werte anhand der Lagerungsversuche ermittelt werden.

In den drei Versuchsbehältern wurde über einen Zeitraum von 125 Tagen die Lagerung unter aeroben und anaeroben Bedingungen untersucht.

Die Abbildungen 2 und 3 zeigen die Konzentrationsverläufe der in den Behältern 1 und 2 gemessenen Gase. Es wird deutlich, dass in beiden Fällen der Methan Gehalt nach etwa 60 Tagen deutlich ansteigt. Hierbei erreichten die Methanwerte in beiden Reaktoren Konzentrationen zwischen 50 und 60 %.

Der Anteil von Kohlendioxid erreichte im zweiten Behälter den höchsten Wert von 9,8 %.

Der Vergleich zwischen Behälter 1 und Behälter 2 zeigt den Einfluss der höheren Rührintensität auf den Gasbildungsprozess. Es ist klar erkennbar, dass in Behälter 1 die Gasbildung deutlich früher einsetzt und sich gleichmäßiger über den Versuchszeitraum verteilt.

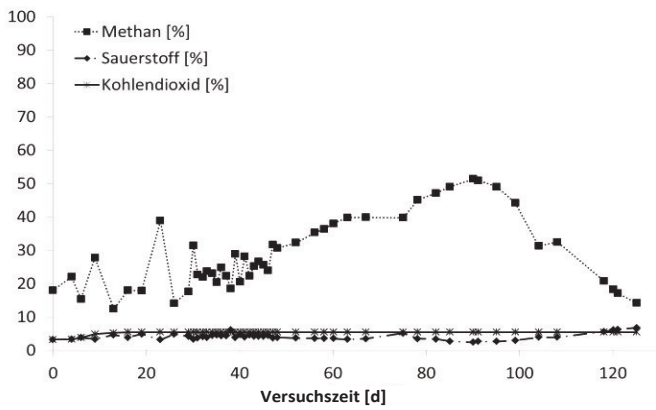
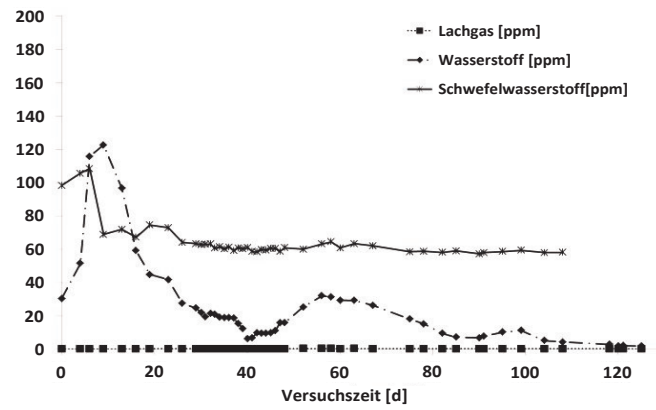


Abbildung 2: Gaskonzentrationen in Reaktor 1.



Die in der rechten Hälfte der Abbildungen 2 und 3 gezeigten Konzentrationsverläufe der Spurengase zeigen, dass während der Lagerung kein Lachgas

detektiert wurde. Die Konzentration von Wasserstoff stieg binnen der ersten 20 Tage an. Dieser Anstieg markiert den Beginn der sauren Gärung.

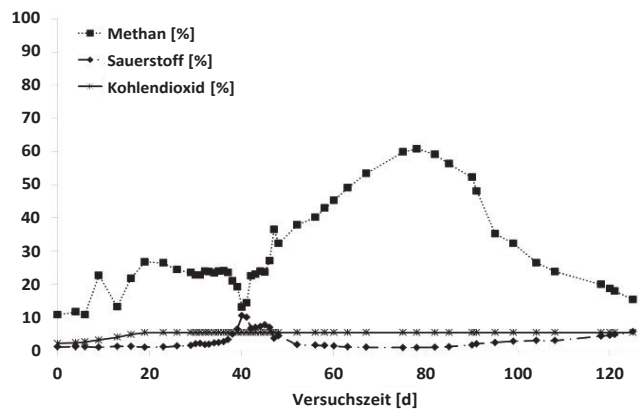


Abbildung 3: Gaskonzentrationen in Reaktor 2.

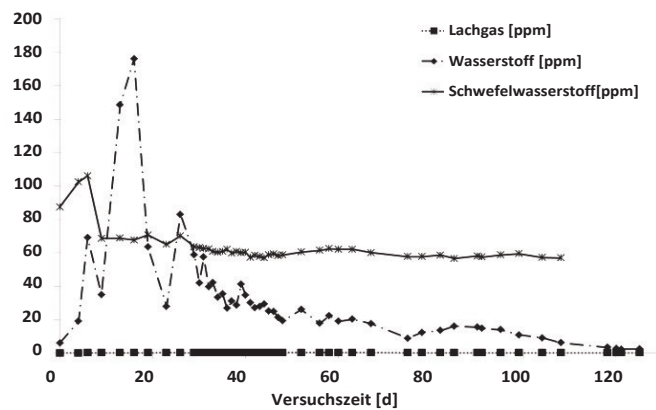


Abbildung 4 zeigt die Konzentrationsverläufe des dritten Versuchsbehälters. Wie an der Konzentration des Sauerstoffs ersichtlich ist, wurde dieser Reaktor zunächst als offenes System betrieben. Während jedoch die Konzentration von Methan deutlich reduziert wurde, traten weiterhin Emissio-

nen von Schwefelwasserstoff auf. Aufgrund der Freisetzung von Schwefelwasserstoff und Ammoniak wurde das System an Versuchstag 40 auf einen geschlossenen, anaeroben Betrieb umgestellt. Die Belüftung wurde ab diesem Zeitpunkt eingestellt.

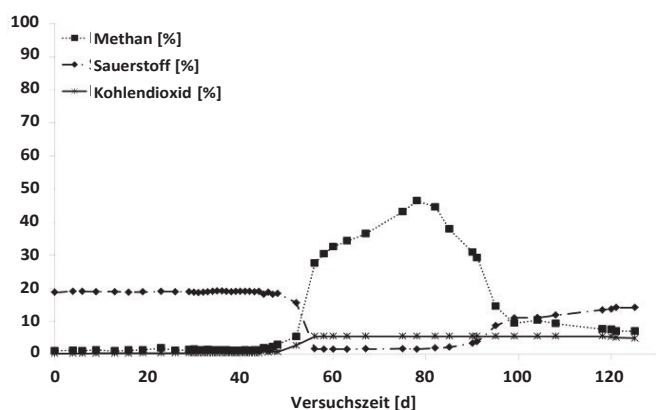
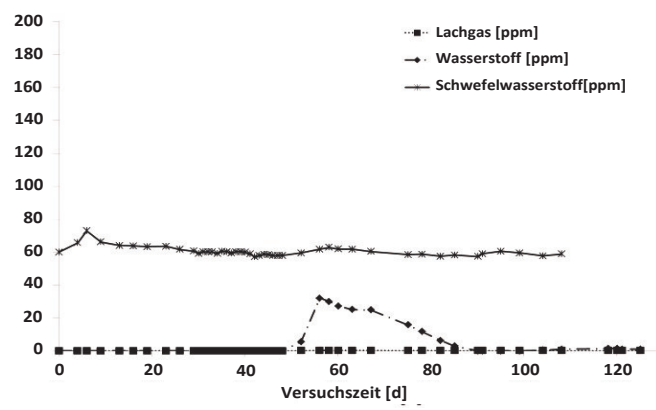


Abbildung 4: Gaskonzentrationen in Reaktor 3.



Anhand der in Abbildung 4 gezeigten Konzentrationsverläufe ist erkennbar, dass die Methanbildung nach der Umstellung einsetzt und eine maximale Konzentration von 52 % erreicht wird.

Tabelle 1 zeigt die aufsummierten Gasvolumina aller drei Behälter. Das aufsummierte Volumen des dritten Behälters bezieht sich hierbei nur auf den

**Tabelle 1:** Kumulierte Gasvolumina.

	Gasbildung [l]	Spez. Gasbildung [l/m <sup>3</sup> ]
Behälter 1	6,9	11,9
Behälter 2	5,5	9,8
Behälter 3	2,9	5,0

Nach einer Lagerungsdauer von 125 Tagen ebbt die Gasbildung in allen Behältern ab. Aus dem ermittelten Gasbildungspotenzial des ersten Behäl-

terraum ab Versuchstag 40.

Während der Belüftungsphase fand keine Aufzeichnung der Volumenströme statt.

Der Unterschied zwischen Behälter 1 und 2 verdeutlicht den Einfluss der Durchmischung auf den Gesamtertrag der Gasbildung. Behälter 1 erzielt einen um 25,9 % höheren Gasertrag.

ters ergibt sich für diesen Zeitraum ein maximales, gebildetes Gasvolumen von 41 m<sup>3</sup>, je Lagerungsbehälter.

### 3 Diskussion

Die Versuche zeigen deutlich den Einfluss der Lagerungsbedingungen auf die gebildeten Gasmengen. Der Gasaustrag wird signifikant durch die eingetragene Rührleistung sowie die Milieubedingungen beeinflusst. Durch den Betrieb des Lagerungsbehälters unter aeroben Bedingungen lässt sich die Methangasbildung deutlich reduzieren. Allerdings bleibt die Bildung kritischer Spurengase hiervon weitgehend unbeeinflusst. Hieraus resultiert die Notwendigkeit, die Gasströme nachgeschaltet zu behandeln. Dies kann im Fall der Biogasanlage Leppe durch die Einspeisung in das lokale Gasnetz erfolgen. Unter dieser Prämisse erscheint es nicht sinnvoll die Lagerungsbehälter aerob zu betreiben und kostenintensiv Luft einzublasen. Hinsichtlich einer maximalen Methanausbeute stellt der anaerobe Betrieb die effizientere Verfahrensvariante dar. Wie gezeigt werden konnte, kann durch das Einbringen von Rührerenergie die Methanausbeute weiter gesteigert werden. Ob dieses wirtschaftlich relevant ist, muss anhand der anlagenspezifischen Energieverbräuche für die Rührwerke entschieden werden. Die maximale erreichte Schwefelwasser-

stoffkonzentration von 104 ppm (Behälter 1, Tag 8) sorgt nach Köhler (1999) für einen geringfügig höheren Wartungsaufwand bei dem Betrieb eines BHKWs. Zusammengefasst ist daher die Nutzung des gebildeten Gasvolumens zum Energiegewinn uneingeschränkt möglich.

### Referenzen

- Kaltschmitt, M.; Hartmann, H.; Hofbauer, H. (2009): Energie aus Biomasse (Grundlagen, Techniken und Verfahren). Springer-Verlag, ISBN 978-3-540-85094-6, 2. Auflage
- Köhler (1999): Grenzwerte für Schadstoffe im Klärgas oder Deponiegas. Firmeninformation, Köhler & Ziegler GmbH, Lollar.
- Möller, K.; Stinner, W. (2009): Effects of different manuring systems with and without biogas digestion on soil mineral nitrogen content and on gaseous nitrogen losses (ammonia, nitrous oxides). European Journal of Agronomy 30, 1-16.
- Raussen, T.; Lootsma, A. (2008): Verfahren zur Gärrestaurenbereitung. 2. Biomasse-Forum 2008.